

**This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- **BLACK BORDERS**
- **TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- **FADED TEXT**
- **ILLEGIBLE TEXT**
- **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- **COLORED PHOTOS**
- **BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS**
- **GRAY SCALE DOCUMENTS**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY...

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

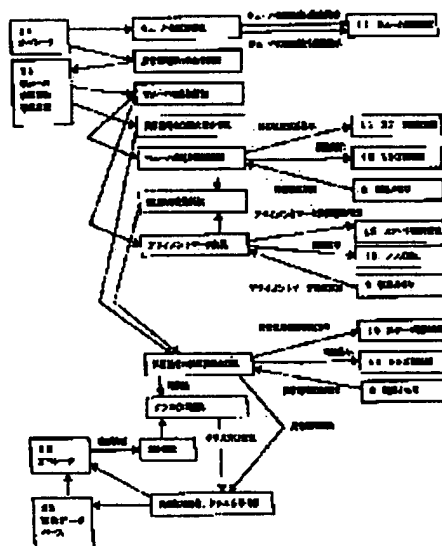
(11)Publication number : 11-312716
(43)Date of publication of application : 09.11.1999

H01L 21/66
G01N 21/88
G01N 23/225
G06T 7/00
H01J 37/22
H01L 21/02

(72)Inventor : KITAMURA TADASHI

Priority number : 10 3387 Priority date : 09.01.1998 Priority country : JP

SOLUTION: In this scanning electron microscope equipped with a stage for observing a wafer to which an automatic wafer carrying device is added, the information of a wafer to be observed is obtained from an operator, and a wafer shape observing procedure is executed successively and automatically. A method to be used for automation includes a method for recognizing the stage position of an alignment mark on a wafer, method for recognizing the partial image of an abnormal part from a repeated shape image including foreign matters or defects (abnormal part), and method for recognizing the partial image of the abnormal part, by comparing the image including the abnormal part with a corresponding reference image.



[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 許出願公開 号

特開平11-312716

(43) 公開日 平成11年(1999)11月9日

(51) Int.Cl.*	識別記号	P I	
H 0 1 L 21/66		H 0 1 L 21/66	J
G 0 1 N 21/88		G 0 1 N 23/225	
	23/225	H 0 1 J 37/22	5 0 2 Z
G 0 6 T 7/00		H 0 1 L 21/02	A
H 0 1 J 37/22	5 0 2	G 0 1 N 21/88	6 4 5 A

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 10 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平11-2875

(22) 出願日 平成11年(1999)1月8日

(31) 優先権主張番号 特願平10-3387

(32) 優先日 平10(1996)1月9日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000002325

セイコーインスツルメンツ株式会社

千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地

(72) 発明者 北村 正

千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 セ

イコーインスツルメンツ株式会社内

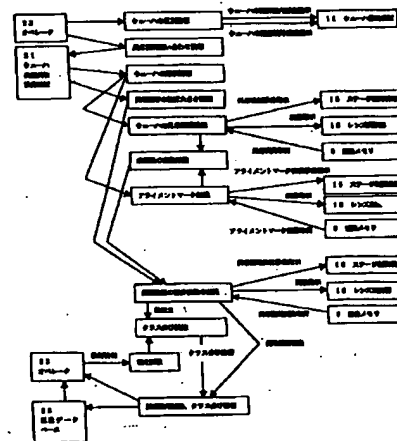
(74) 代理人 弁理士 林 敬之助

(54) 【発明の名称】 ウェーハ形状自動観察方法

(57) 【要約】

【課題】 ウェーハの歩留まり管理用のウェーハ形状観察用走査型電子顕微鏡を全自動化し、オペレータのスループットを上回るようにする。またオペレータの認識力以上の安定的な検出力を実現する。

【解決手段】 自動ウェーハ搬送装置を付加し、ウェーハ観察用ステージを備えた走査型電子顕微鏡において、オペレータから観察すべきウェーハの情報を得た後、ウェーハ形状観察手順を逐次自動的に実行するようにした。自動化で使用方法として、ウェーハ上のアライメントマークのステージ位置を認識する方法、異物もしくは欠陥（異常箇所と呼ぶ。）を含む繰り返し形状画像から異常箇所の部分画像を認識する方法、異常箇所を含む画像と対応するリファレンス画像の比較によって異常箇所の部分画像を認識する方法、などがある。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 ウェーハ上のアライメントマークもしくはアライメントマークから一定距離離れた形状から得られる電子線画像、光学画像、もしくはそれらの微分画像から、正規化相関係数を使ってこの形状のステージ位置を自動的に認識する方法。

【請求項2】 ウェーハ上のアライメントマークもしくはアライメントマークから一定距離離れた形状から得られる電子線画像、もしくは光学画像から直線形状、円形状などを検出してこの形状のステージ位置を自動的に認識する方法。

【請求項3】 異物もしくは欠陥（以下異常箇所と呼ぶ。）を観察するときに、観察場所近傍のアライメントマークもしくはアライメントマークから一定距離離れた形状にステージ位置を移動し、その場所で前述の形状を認識してステージ位置のずれを自動的に補正する方法。

【請求項4】 繰り返し形状である電子線画像もしくは光学画像から自己相関法を使って繰り返し間隔を自動的に認識する方法。

【請求項5】 異常箇所を含む繰り返し形状である電子線画像もしくは光学画像を異常箇所画像とし、同一の画像であるが繰り返し間隔シフトさせた画像をリファレンス画像とし、これら2画像の比較によって、異常箇所の部分画像を自動的に認識する方法。

【請求項6】 異常箇所を含む電子線画像もしくは光学画像を異常箇所画像とし、この画像に対応する異なったダイ上の画像をリファレンス画像として、これら2画像の比較によって、異常箇所の部分画像を自動的に認識する方法。

【請求項7】 異常箇所画像の各画素を参照画素にして、その画素に対応するリファレンス画像の画素の近傍から参照画素値にもっとも近い画素を求め、その値でリファレンス画像の画素値を書き換えるノイズ除去方法。

【請求項8】 異常箇所画像の画素値とそれに対応するリファレンス画像の画素値の差の自乗和を使った異常箇所検出方法。

【請求項9】 異常箇所画像とリファレンス画像のヒストグラムが同じになるように、異常箇所画像もしくはリファレンス画像の画素値を書き換えることにより画像を類似化する方法。

【請求項10】 請求項5もしくは6で記述した異常箇所の部分画像の特徴量と、この部分画像に対応する異常箇所画像とリファレンス画像についての画像特徴量から、異常箇所の種類を自動的にクラス分けする方法。

【請求項11】 自動ウェーハ搬送装置を付加し、ウェーハ観察用ステージを備えた走査型電子顕微鏡において、請求項1から10の全て、もしくはいずれかの方法を備えた走査型電子顕微鏡。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 ウェーハの歩留まり管理工程用の走査型電子顕微鏡（SEM）に関する。

【0002】

【従来の技術】 ウェーハの歩留まり管理の重要な工程として、ウェーハ表面上の異常箇所を検出し、それらの形状観察、元素分析などの情報から工程不良箇所の特定が行われている。従来は、この異常箇所検出、形状観察に、レーザー散乱光を使った光学式ウェーハ表面検査装置およびダイダイ比較光学式ウェーハ表面検査装置等の、ウェーハ表面異物検査装置や、レビューステーションなどが使われていた。レビューステーションとは、光学式異物観察装置であり、欠陥異物検出装置とリンクして使う。

【0003】 しかし、ウェーハの配線パターンの微細化に伴い、観察すべき異常箇所の大きさが $0.3\mu\text{m}$ 以下になると、もはやレーザ方式ではその形状を微細に観察することが不可能になった。従来のウェーハ形状観察用走査型電子顕微鏡は、自動ウェーハ搬送装置を付加し、ウェーハ観察用ステージを備えた走査型電子顕微鏡であり、以下の手順で異常箇所を観察していた。以下の手順のうち（A3）はCPUによって自動的に行われていた。

【0004】 以下A1-A11は、ウェーハ1枚単位の検査手順である。

（A1）ウェーハを走査型電子顕微鏡内に搬送する。

（A2）ウェーハ表面異物検査装置からウェーハの形状情報と異常箇所の位置情報を取得する。

（A3）公開特許06-174644「座標変換計数の自動設定方法」によりウェーハの外形認識によるウェーハ表面検査装置と走査型電子顕微鏡との座標系の変換係数を自動的に求める。

【0005】 （A4）公開特許06-258240「座標変換方法」によりウェーハのアライメントマークの座標位置を観察してウェーハ表面検査装置と走査型電子顕微鏡との座標系の変換係数を求める。

（A5）ウェーハ表面異物検査装置から得た異常箇所の位置へステージを移動する。

【0006】 （A6）フォーカス等のレンズ系を調整し、電子線画像もしくは光学画像を取得する。

（A7）異常箇所を認識する。

（A8）その位置へステージを移動する。

（A9）異常箇所の大きさに従った倍率を設定し、電子線画像もしくは光学画像を取得する。

【0007】 （A10）観察すべき異常箇所の画像取得がすべて終了すれば次に進み、そうでなければ、次の異常箇所について（A5）から続ける。

（A11）ウェーハを走査型電子顕微鏡外に搬送し終了する。

ここで問題になるのが、ウェーハ形状観察用走査型電子顕微鏡のスループットがレーザ方式の数十倍遅いこと

と、自動化の遅れである。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】これらの解決策として従来のウェーハ形状観察用走査型電子顕微鏡を全自動化し、オペレータのスループットを上回るようにすることが求められた

【0009】

【課題を解決するための手段】前述の課題を解決するために、オペレータから観察すべきウェーハの情報を得た後、ウェーハ形状観察手順をCPUによって逐次自動的に実行するようにした。DRAMのメモリーセル部分などの繰り返しパターンの観察（以下繰り返しパターン観察法と呼ぶ。）は、以下の手順で行うようにした。このうち（B1）以外はすべてCPUによって自動的に実行される。

【0010】（B1）オペレータから、観察すべきウェーハの種別情報、そのウェーハに対応するウェーハ表面異物検査装置の問い合わせ情報を取得する。ここで、観察すべきウェーハの種別情報とは、ウェーハのサイズ（例：6インチ、8インチ）や、ウェーハの原点マーク（例：オリフラ、ノッチ）等のことである。又、ウェーハ表面異物検査装置の問い合わせ情報とは、デバイスID、プロセスID、ロットID、スロット番号等のことである。以下、C1-C8は搬送からアライメントまでの手順で前処理である。

（C1）観察すべきウェーハの種別情報に従い、ウェーハを走査型電子顕微鏡内に搬送する。

（C2）ウェーハ表面異物検査装置の問い合わせ情報に従い、ウェーハ表面異物検査装置から異常箇所的位置および大きさ情報を取得する。

【0011】（C3）公開特許06-174644「座標変換計数の自動設定方法」によりウェーハの外形認識によるウェーハ表面検査装置と走査型電子顕微鏡との座標系の変換係数を自動的に求める。

（C4）アライメントマークもしくはアライメントマークから一定距離離れた形状の位置へ移動する。すなわち、アライメントマークもしくはアライメントマークから一定距離離れた形状の位置が視野の中心に来るようにステージを動かす。アライメントマークとしては、ダイの角や十字マークを使うことが多い。

【0012】（C5）オートフォーカス等のレンズ系の自動調整を行い、電子線画像もしくは光学画像を取得する。

（C6）その画像から形状のステージ位置を認識する。

（C7）アライメントマークもしくはアライメントマークから一定距離離れた形状の観察がすべて終われば次に進み、そうでなければ、次のアライメントマークについて（C4）から続ける。アライメントマークもしくはアライメントマークから一定距離離れた形状は通常3点上測定する。

【0013】（C8）前述のステージ位置を使って、公開特許06-258240「座標変換方法」によりウェーハのアライメントマークの座標位置を観察してウェーハ表面検査装置と走査型電子顕微鏡との座標系の変換係数を求める。以下、D1-D7は繰り返しパターン観察法を用いた、異常箇所の画像取得のための手順である。

（D1）ウェーハ表面異物検査装置から位置、大きさの情報を得た異常箇所が視野の中心に来るようにステージを移動する。

10 【0014】（D2）オートフォーカス等のレンズ系の自動調整を行い、異常箇所画像として電子線画像もしくは光学画像を取得する。（低倍での画像取得）

（D3）異常箇所画像から、異常箇所の部分画像を認識する。

15 （D4）目視検査により、異常箇所をクラス分けする。すなわち、ショート（短絡）、ブレイク（破断）、傷などの特定をする。

（D5）その検出位置へステージを移動する。

20 【0015】（D6）検出された異常箇所の大きさに従った倍率を設定し、電子線画像もしくは光学画像を取得する。（高倍での画像取得）

（D7）観察すべき異常箇所の画像取得がすべて終了すれば次に進み、そうでなければ、次の異常箇所について（D1）から続ける。

25 （E1）ウェーハを走査型電子顕微鏡外に搬送する。

【0016】（E2）取得した異常箇所に対する画像、およびクラス分け情報等をオペレータに提供する。繰り返しパターン以外の観察（ダイダイ観察法と呼ぶ）

は、以下の手順で行うようにした。前述の（B1）から

30 （C8）を実行する。

【0017】以下、F1-F9はダイダイ観察法による、異常箇所の画像取得のための手順を示すものである。

（F1）ウェーハ表面異物検査装置から得た異常箇所の位置に対応する近傍のダイ（ウェーハ上のチップの単位）上の位置へステージを移動する。

35 （F2）オートフォーカス等のレンズ系の自動調整を行い、リファレンス画像として電子線画像もしくは光学画像を取得する。ウェーハ上のダイはすべて同じ形状をしている。異常箇所のあるダイ以外のダイで、ダイの原点から同じ距離にある部分へ移動し、そこで得られた画像を異常箇所の無い画像、すなわちリファレンス画像とする。

（F3）ウェーハ表面異物検査装置から得た異常箇所の位置へステージを移動する。

45 【0018】（F4）オートフォーカス等のレンズ系の自動調整を行い、異常箇所画像として電子線画像もしくは光学画像を取得する。

（F5）リファレンス画像、異常箇所画像から、異常箇所の部分画像を認識する。

50 （F6）異常箇所をクラス分けする。

【0019】(F7)その検出位置へステージを移動する。

(F8)検出された異常箇所大きさに従った倍率を設定し、電子線画像もしくは光学画像を取得する。

(F9)観察すべき異常箇所の画像取得がすべて終了すれば次に進み、そうでなければ、次の異常箇所について(F1)から続ける。

【0020】前述の(E1)から(E2)を実行する。前述の(C6)におけるステージ位置の認識は以下の2通りの方法で実行される。第1の方法は、ウェーハ上のアライメントマークもしくはアライメントマークから一定距離離れた形状から得られる電子線画像、光学画像、もしくはそれらの微分画像から、正規化相関係数を使ってこの形状のステージ位置を自動的に認識する方法であり、具体的には、以下の手順で行う。

(G1)認識しやすい形状として、アライメントマークもしくはアライメントマークから一定距離離れた形状を選択する。

【0021】(G2)前述の形状のウェーハ表面異物検査装置での位置と、その形状から得られる電子線画像、光学画像をあらかじめ登録しておく。

(G3)この画像と(C5)の時点で得られた画像もしくはそれらの微分画像(ソーベル、ラプラシアンなど近傍の画素との差分を使ったフィルタで、輪郭部分のみが明るい画像)を正規化相関係数法でマッチングする。ここでいうマッチングは(C5)で得られた画像をシフトした画像と(G2)で得られた画像の重なり部分の正規化相関係数を求めて、この値が最大になるシフト量を求める方法である。正規化相関係数は以下の式で表せられる。例えば、2次元配列 X_{ij} と2次元配列 Y_{ij} の正規化相関係数は、

$$\frac{\sum (X_{ij} - X_{\text{mean}})(Y_{ij} - Y_{\text{mean}})}{\sqrt{|\sum (X_{ij} - X_{\text{mean}})^2 \sum (Y_{ij} - Y_{\text{mean}})^2|}}$$

ここで、 Σ はすべての ij についての総和、meanは平均値を表す。分子の $\sum (X_{ij} - X_{\text{mean}})(Y_{ij} - Y_{\text{mean}})$ は相関係数で、分母の $\sqrt{|\sum (X_{ij} - X_{\text{mean}})^2 \sum (Y_{ij} - Y_{\text{mean}})^2|}$ は正規化のための係数である。

【0022】(G4)マッチングで得られたシフト量をステージ位置座標系の距離に換算する。

(G5)この距離に(C4)で移動したステージ位置を加えたものをこの形状のステージ位置と認識する。第2の方法は、ウェーハ上のアライメントマークもしくはアライメントマークから一定距離離れた形状から得られる電子線画像、もしくは光学画像から直線形状、円形状などを検出してこの形状のステージ位置を自動的に認識する方法である。具体的には、以下の手順で行う。

【0023】(H1)認識しやすい形状として、アライメントマークもしくはアライメントマークから一定距離

離れた形状を選択する。

(H2)前述の形状のウェーハ表面異物検査装置での位置と、その形状から得られる電子線画像、光学画像をあらかじめ登録しておく。

50 (H3)この画像と(C5)の時点で得られた画像から、Hough変換などの方法で直線形状、円形状などを検出する。Hough変換とは、点列を線分に変換する手法である。点列が切れていても線分が検出できる。

【0024】(H4)直線形状、円形状の対応からシフト量を求める。

(H5)ステージ位置座標系の距離に換算する。

(H6)この距離に(C4)で移動したステージ位置を加えたものをこの形状のステージ位置と認識する。

前述の(D3)において、異常箇所画像から、異常箇所の部分画像を認識するためには、「異常箇所を含む繰り返し形状である電子線画像もしくは光学画像を異常箇所画像とし、同一の画像であるが繰り返し間隔シフトさせた画像をリファレンス画像とし、これら2画像の比較によって、異常箇所の部分画像を自動的に認識する。」という方法を用いる。具体的には、以下の(J1)から(J6)の手順で行う。

【0025】(J1)前処理としてスムージングフィルタなどでノイズを除去する。ここでいうノイズとはパルスノイズなどである(SEMのSN比は非常に悪い)。

25 (J2)異常箇所画像とリファレンス画像をマッチングする。すなわち、正規化相関係数の値が最大になるようにリファレンス画像をシフトする。

ここでリファレンス画像は異常箇所画像を繰り返し間隔シフトしたものである。ここでいうマッチングは、異常箇所画像を以下の量シフトした画像と異常箇所画像の重なり部分の正規化相関係数を求めて、この係数が最大になるシフト量を求める。

$$\text{【0026】シフト量の範囲 } \text{繰り返し間隔} \times (1 - \alpha) \sim \text{繰り返し間隔} \times (1 + \alpha)$$

35 α は0を越え1未満の数で、繰り返し間隔の誤差に依存する。この繰り返し間隔は自己相関法を使って自動的に求めておく方法と、オペレータの入力値を使う方法がある。自己相関法はパターンの周期性を調べるときによく使う。例えば、2次元配列 X_{ij} 自己相関 $r(a, b)$ は以下のように表せられる。

$$\frac{\sum (X_{ij} - X_{\text{mean}})(X_{i+a, j+b} - X_{\text{mean}})}{\sqrt{|\sum (X_{ij} - X_{\text{mean}})^2 \sum (X_{i+a, j+b} - X_{\text{mean}})^2|}}$$

45 ここで、 Σ はすべての ij についての総和、meanは平均値を表す。 $r(0, 0)$ は1である。例えば X_{ij} が周期を持ったパターンの場合には r (X方向周期, Y方向周期)も1になる。また自己相関法は自己回帰法、パワースペクトラム法と関係している。

(J3)異常箇所画像の各画素を参照画素にして、その画素に対応するリファレンス画像の画素の近傍から参照

画素値にもっとも近い画素を求め、その値でリファレンス画像の画素値を置き換えることにより、ノイズ除去を行う。

【0027】このノイズ除去は、異常箇所画像の各画素ごとに以下の処理を行う。図4は異常箇所画像の各画素を参照画素にしたリファレンス画像ノイズ除去方法を示すための説明図である。異常箇所画像の画素 X_D に対応したリファレンス画像の画素 X_R を求める。図4では画素 X_D の濃度は59、画素 X_R の濃度は252である。ここでいう濃度とは、画素値のことである。ここでは0から255のデータでAD変換された2次電子量のことである。画素 X_R 及びその上下左右の画素の中で画素 X_D の濃度にもっとも近いもので画素 X_R の濃度を置き換える。図4では25、30、252、135、204の中から30が選ばれる。

【0028】この操作でピークノイズの252が取り除けたことが分かる。

(J4) 異常箇所画像の画素値とそれに対応するリファレンス画像の画素値の差の自乗和を使い、異常箇所画素を検出する。

この処理は異常箇所画像の各画素ごとに以下の処理を行う。異常箇所画像の画素とそれに対応するリファレンス画像の画素を中心とした矩形(検出矩形と呼ぶ。)を作る。辺の長さはパラメータとして実験的に決める。

【0029】この矩形内の画素を組にして以下の異常箇所評価値 P を計算する。この P があらかじめ設定した値より小さい場合は異常箇所画素とする。

$I_R(x, y)$: リファレンス画像の画素値

$I_D(x, y)$: 異常箇所画像の画素値

(x, y はマッチング後の座標)

N : 検出矩形内の画素数

N_T : 異常箇所画像とリファレンス画像の重なり矩形内の画素数

Σ : 検出矩形内にわたる総和

Σ_T : 異常箇所画像とリファレンス画像の重なり矩形内にわたる総和

mean : 異常箇所画像とリファレンス画像の重なり矩形内にわたる平均

$$P = \left[\frac{\Sigma_T \{ I_R(x, y) - I_{Rmean} \}^2 N / N_T}{\Sigma \{ I_D(x, y) - I_R(x, y) \}^2} \right]$$

(J5) ゴースト異常箇所画素の除去

リファレンス画像と異常箇所画像が同じだから図5のように異常箇所画素は2カ所に検出される。この一方をゴースト異常箇所と呼ぶ。言い方を変えと、リファレンス画像の欠陥異物に対応する異物画像の正常画素がこれに当たる。

【0030】ここでは右側の円内の画素をゴースト異常箇所画素とする方法で記述する。ゴースト異常箇所画素除去の処理手順は異常箇所画像の各画素ごとに以下の処理を行うものである。異常箇所画像の画素 X_A に対する

異常箇所評価値 P_A と、画像のシフト分離した画素 X_B に対する異常箇所評価値 P_B を求め、 P_A と P_B の大きい方の値で P_A を置き換える。

【0031】(J6)(J5)で得られた異常箇所画素をラベリング処理等でまとめて異常箇所の部分画像とする。前述の(F5)においては異常箇所を含む電子線画像もしくは光学画像を異常箇所画像とし、この画像に対応する異なったダイ上の画像をリファレンス画像として、これら2画像の比較によって、異常箇所の部分画像を自動的に認識する。具体的に、以下の(K1)から(K6)の手順で行う。

(K1) 前処理としてスムージングフィルタなどでノイズを除去する。

(K2) 異常箇所画像とリファレンス画像をマッチングする。

【0032】ここでは異常箇所画像とリファレンス画像は違う画像である。ここでいうマッチングは、リファレンス画像をシフトした画像と異常箇所画像の重なり部分の正規化相関係数を求めて、この係数が最大になるシフト量を求める。シフト量は重なり部分がなくなるまで取れるが、シフト量が少ない方が望ましい。そこでシフト量の絶対値に負の定数を掛けたものをペナルティーとして正規化相関係数に加える。

【0033】(K3) 異常箇所画像とリファレンス画像のヒストグラムが同じになるように、異常箇所画像もしくはリファレンス画像の画素値を書き換えることにより画像を類似化する。

(K4) 異常箇所画像の各画素を参照画素にして、その画素に対応するリファレンス画像の画素の近傍から参照画素値にもっとも近い画素を求め、その値でリファレンス画像の画素値を置き換えることにより、ノイズ除去を行う。

(K5) 異常箇所画像の画素値とそれに対応するリファレンス画像の画素値の差の自乗和を使い、異常箇所画素を検出する。

(K6) (K5)で得られた異常箇所画素をまとめて異常箇所の部分画像とする。

【0034】前述の(D4)(F6)では(D3)(F5)で認識した異常箇所の部分画像の特徴量と、この部分画像に対応する異常箇所画像とリファレンス画像についての画像特徴量から、異常箇所の種類を自動的にクラス分けする。具体的に以下の方法で行う。異常箇所の部分画像の特徴量としては、

- ・画素数を換算した異常箇所の面積、
- ・矩形近似し、この矩形の面積と前述の面積との比、(矩形近似とは以下のようにする。すなわち、2次元主成分分析のように座標軸方向とその分散値を求め、この分散値の±3倍程度が入る長方形を、求める矩形とする。)
- ・前述の矩形の長辺と短辺の比、

・境界の長さ、
・領域数、
などがある。

【0035】部分画像に対応する異常箇所画像とリファレンス画像についての画像特徴量としては、

・異常箇所画像の輝度平均とリファレンス画像の輝度平均の比、

・異常箇所画像の輝度分散とリファレンス画像の輝度分散の比、

・異常箇所画像とリファレンス画像の相関比、

・異常箇所画像の勾配（微分画像の画素値）の自乗和とリファレンス画像の勾配の自乗和の比、

などがある。

【0036】これらの特徴量を変数とするニューラルネットワークやメンバーシップ関数を作成してその出力値から異常箇所の種類を自動的に特定する。ニューラルネットワークやメンバーシップ関数はオペレータによって適宜調整される。ステージ精度が要求される場合は（D1）（F1）（F3）のステージ移動時に、異物もしくは欠陥（異常箇所と呼ぶ。）を観察するときに、観察場所近傍のアライメントマークもしくはアライメントマークから一定距離離れた形状にステージ位置を移動し、その場所で前述の形状を認識してステージ位置のずれを自動的に補正する方法が使用される。

【0037】

【発明の実施の形態】以下本発明を図示の実施例に基づき説明する。図1は本発明の実施例を示したものである。電子銃1から発生する電子線aは偏向器2xによりx方向に偏向され偏向器2yによりy方向に偏向される。偏向量はCPU6からx方向のDA変換器4とy方向のDA変換器5に与えられる。このDA変換器4、5の出力は偏向器2xと2yに、接続されている。

【0038】CPU6がAD変換器7に対して読み込み動作をすると、ウェーハ3から発生する電子bが検出器8に検出されて変換された電気信号cの値がデジタル量に変換されてCPU6に取り込まれる。CPU6はAD変換器7から読み込んだ値を画像メモリ9に書き込む。画像メモリ9の内容は表示器10に表示される。ウェーハ3はウェーハ搬送装置11によって、ウェーハカセット12からウェーハ装着装置13に装着され、ステージ駆動装置14を介して観察位置が制御される。観察位置の制御量はウェーハ上の位置および傾斜角、回転角である。前述の制御値としてのステージ移動量は、CPU6からステージ制御装置15に与えられる。このステージ制御装置15の出力はステージ駆動装置14に接続されている。

【0039】光学顕微鏡16の出力はデジタル量に変換されてフレームグラバ17に取り込まれる。光学顕微鏡はアライメントパターンを観察する場合に有用である。SEMで低倍像を観察すると縞が発生することがある。

ビーム径が非常に小さいので一種のモアレ干渉縞になる。またチャージアップして見えない場合もある。一般にアライメントマークは光学顕微鏡の画像で決めるのでオペレータが判断しやすいことも利点である。フレームグラバ17の内容は直接表示器10に表示される。またフレームグラバ17の内容は必要に応じて画像メモリ9に転送される。レンズ系19はレンズ系調整器18に接続されて自動的に調整される。CPU6はオートフォーカス等のレンズ系の自動調整指示をレンズ系調整器18に与える。

【0040】通信装置20はCPU6に接続されている。通信装置20はイーサネットdを介してウェーハ表面異物検査装置21と画像データベース22と通信を行う。ウェーハ表面異物検査装置21からは異常箇所の位置と大きさを得る。取得した異常箇所に対する画像、およびクラス分け情報等は画像データベース22に転送されオペレータが参照できる。

【0041】図2は繰り返しパターン観察法の場合のCPU処理ブロック図を示したものである。図3はダイダイ観察法の場合のCPU処理ブロック図を示したものである。図2、3とも、ブロック内の表記の先頭に数字が記されているものは図1の各構成要素の符号に対応している。それ以外はCPU6に属するブロックである。

【0042】

【発明の効果】本実施例は以下の処理により高感度で安定的に異常箇所が検出できる。すなわち、異常箇所画像の各画素を参照画素にして、その画素に対応するリファレンス画像の画素の近傍から参照画素値にもっとも近い画素を求め、その値でリファレンス画像の画素値を置き換えるノイズ除去方法を用いることにより、強力なノイズ除去が可能となり、ピークノイズの除去、局所的なマッチングのズレの補正、パターン線幅の微小な差異の無視ができる。また、異常箇所画像の画素値とそれに対応するリファレンス画像の画素値の差の自乗和を使った異常箇所検出方法によりノイズの影響が回避でき、濃度差、濃度の勾配の差等を使う方法より安定に動作する。また、パラメータの調整が容易である。パラメータは異常箇所評価値Pのデータ数Nと、Pの経験的しきい値である。さらに計算式が非常に簡単で、高速演算型に変形することが容易である。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施例のブロック図を示している。

【図2】繰り返しパターン観察法の場合のCPU処理ブロック図を示している。

【図3】ダイダイ観察法の場合のCPU処理ブロック図を示している。

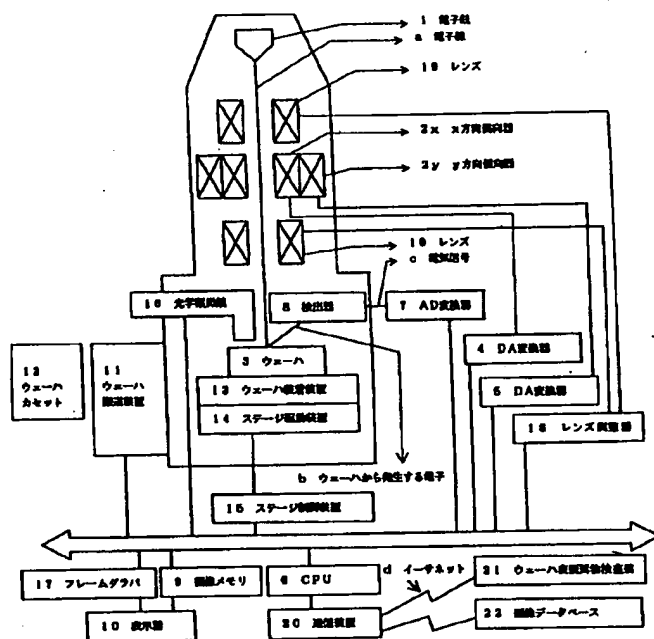
【図4】異常箇所画像の各画素を参照画素にしたリファレンス画像ノイズ除去方法を説明するための図である。

【図5】ゴースト異常箇所画素の除去を示している。

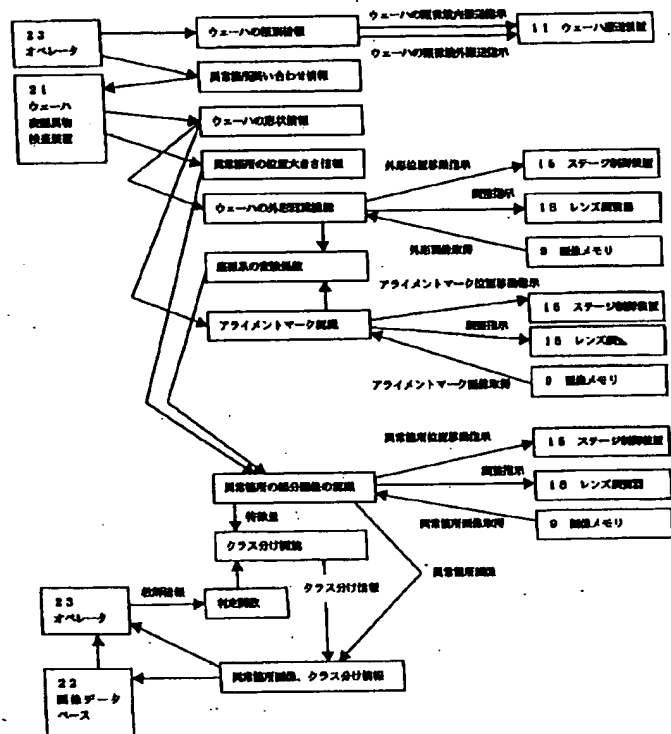
【符号の説明】

- | | | | |
|-----|----------|-------|--------------|
| 1 | 電子銃 | 14 | ステージ駆動装置 |
| 2 x | x 方向偏向器 | 15 | ステージ制御装置 |
| 2 y | y 方向偏向器 | 16 | 光学顕微鏡 |
| 3 | ウェーハ | 17 | フレームグラバ |
| 4 | DA変換器 | 05 18 | レンズ系調整器 |
| 5 | DA変換器 | 19 | レンズ系 |
| 6 | CPU | 20 | 通信装置 |
| 7 | AD変換器 | 21 | ウェーハ表面異物検査装置 |
| 8 | 検出器 | 22 | 画像データベース |
| 9 | 画像メモリ | 10 23 | オペレータ |
| 10 | 表示器 | a | 電子線 |
| 11 | ウェーハ搬送装置 | b | ウェーハから発生する電子 |
| 12 | ウェーハカセット | c | 電気信号 |
| 13 | ウェーハ装着装置 | d | イーサネット |

【図 1】



【図 2】



【図 4】

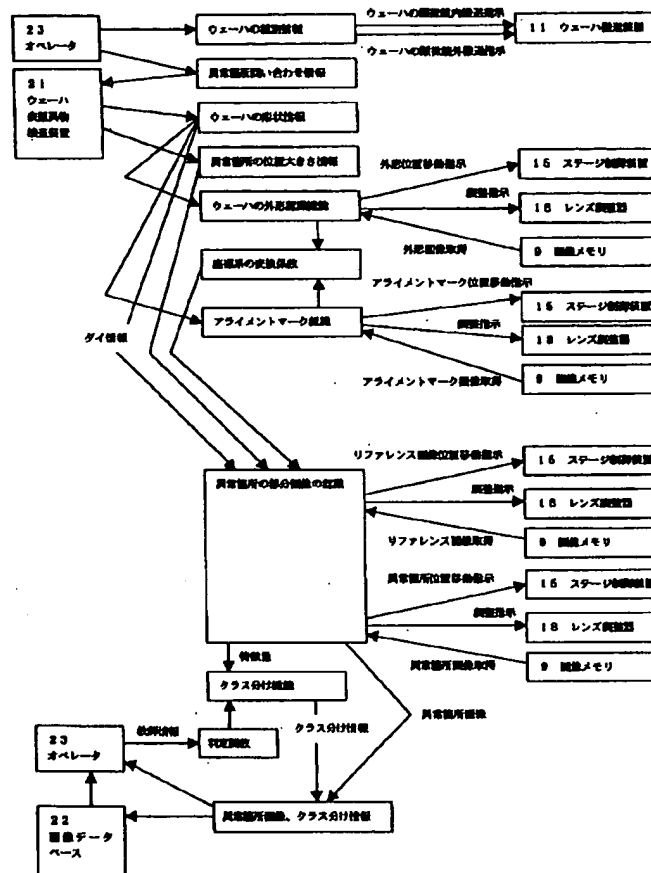
28	19	38
18	59	128
128	204	200

異常箇所画像

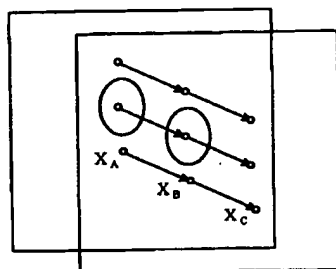
19	25	51
30	252	135
135	204	180

リファレンス画像

【図3】



【図5】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁶
H 0 1 L 21/02

識別記号

F I
G 0 6 F 15/62 4 0 5 C